

**Studi Penggunaan *Crumb Rubber* sebagai Pengganti Agregat Halus untuk *Hot Rolled Asphalt* dengan Bahan Pengikat Aspal Modifikasi Polimer SBS E-55**

*Study of the Use of Crumb Rubber as Substitute of Fine Aggregate for Hot Rolled Asphalt with Asphalt Binders Modified Polymer SBS E-55*

**SKRIPSI**

*Disusun Sebagai Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Sebelas Maret Surakarta*



Disusun oleh:

**HANAN FITRIAN MUTAQQO**

**I0113055**

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2017

# HALAMAN PERSETUJUAN

## **Studi Penggunaan Crumb Rubber Sebagai Pengganti Agregat Halus Untuk Hot Rolled Asphalt Dengan Bahan Pengikat Aspal Modifikasi Polimer Sbs E-55**

*Study Of The Use Of Crumb Rubber As Substitute Of Fine Aggregate For Hot  
Rolled Asphalt With Asphalt Binders Modified Polymer*

*SBS E-55*

**SKRIPSI**



**Disusun Oleh:**

**HANAN FITRIAN MUTAQQO**  
**I 0113055**

Telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan Tim Penguji Pendadaran  
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta

Persetujuan Dosen Pembimbing :

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

**Ir. Ary Setyawan , M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 19661204 199512 1 001

**Ir. Agus Sumarsono M.T.**  
NIP. 19570814 198601 1 001

## HALAMAN PENGESAHAN

### **Studi Penggunaan Crumb Rubber Sebagai Pengganti Agregat Halus Untuk Hot Rolled Asphalt Dengan Bahan Pengikat Aspal Modifikasi Polimer Sbs E-55**

*Study Of The Use Of Crumb Rubber As Substitute Of Fine Aggregate For Hot Rolled Asphalt With Asphalt Binders Modified Polymer SBS E-55*

Disusun Oleh:

**HANAN FITRIAN MUTAQQO**  
**I 0113055**

Telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Pendadaran Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta dan diterima guna memenuhi persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada hari

Tim Penguji		
Nama/NIP		Tanda Tangan
1. Ir. Ary Setyawan , M.Sc., Ph.D. NIP. 19661204 199512 1 001		.....
2. Ir. Agus Sumarsono M.T. NIP. 19570814 198601 1 001		.....
3. Dr. Florentina Pungky P S.T.,M.T..T. NIP. 19730429 200003 2 001		.....
4. Ir. Kuswanto Nurhadi, Msp NIP. 19600515198601 1 001		.....

Disahkan,  
Tanggal : .....  
Kepala Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik UNS

**Wibowo, S.T., D.E.A.**  
NIP. 19681007 199502 1 001

## **PERSEMBAHAN**

Ku persembahkan skripsi ini untuk yang selalu memberikan motivasi dan doa serta dukungan tanpa henti.

- Ibunda Mei Antonah
- Ayahanda Imanto
- Tim Rubberized Asphalt
- Teknik Sipil 2013
- Teman-teman
- Generasi Penerus

## **MOTTO**

*"Barangsiapa bertaqwa kepada Allah, niscaya Dia akan mengadakan jalan keluar baginya dan memberinya rizki dari arah yang tidak disangka-sangka."*

**(At-Thalaq: 2-3)**

## ABSTRAK

Mutaqo Hanan Fitrian, 2013. *Studi Penggunaan Crumb Rubber sebagai Pengganti Agregat Halus untuk Hot Rolled Asphalt dengan Bahan Pengikat Aspal Modifikasi Polimer SBS E-55*. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Seiring dengan perkembangan dan kebutuhan perkerasan, tidak hanya difokuskan pada perkerasan jalan raya, tapi juga perkerasan yang sangat fleksibel untuk kenyamanan pengguna jalan sesuai fungsinya. Misalnya penggunaan trotoar pada jogging track, persimpangan sepeda, taman bermain dan sebagainya. Karena kebutuhan alternatif jenis perkerasan, inovasi perkerasan yang nyaman tapi tahan lama sangat dibutuhkan. Inovasi alternatif yang bisa digunakan untuk jenis perkerasan ini adalah pemanfaatan ban bekas (*crumb rubber*) sebagai bahan pengganti konstruksi perkerasan., *Crumb rubber* (serbuk karet ban bekas) disini sebagai material alternatif pengganti agregat halus dalam pembuatan perkerasan jalan karena memiliki nilai elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan agregat halus biasa. Tujuan inovasi ini diharapkan menjadi salah satu alternatif dalam mengatasi permasalahan dalam meningkatkan kualitas perkerasan dan mengurangi serta memanfaatkan limbah serbuk ban bekas yang jumlahnya sangat banyak di Indonesia.

Metode pembuatan campuran perkerasan tersebut dilakukan dengan mengganti 100% agregat halus dalam campuran menggunakan *crumb rubber*. Jenis campuran yang dipakai dalam penelitian ini adalah *Hot Rolled Asphalt* (HRA) Pengujian campuran tersebut meliputi pengujian terhadap karakteristik *marshall*, permeabilitas, dan cantabro.

Hasil analisis dengan pengujian karakteristik *marshall*, permeabilitas, dan cantabro mendapatkan data bahwa pada campuran HRA penggantian agregat halus menggunakan *crumb rubber* memiliki nilai densitas, stabilitas, dan *marshall quotient*, yang cenderung turun, namun nilai *flow* untuk keduanya cenderung naik. Selain itu berdasarkan pengujian *marshall*, benda uji dengan agregat pengganti dapat kembali kebentuk semula setelah dilakukan pengujian. Hal ini mengindikasikan bahwa campuran menggunakan material *crumb rubber* lebih elastis dibandingkan dengan campuran biasa. Hal ini juga memungkinkan campuran menggunakan material *crumb rubber* lebih tahan terhadap deformasi dan retak.

Kata kunci : *Crumb rubber*, *HRA*, *Marshall*, Permeabilitas, Cantabro

## ABSTRACT

Mutaqo Hanan Fitrian, 2013. *Study of the Use of Crumb Rubber as Substitute of Smooth Aggregate for Hot Rolled Asphalt with Asphalt Binders Modified Polymer SBS E-55*. Thesis. Civil technique Department Technique Faculty Sebelas Maret University

Along with the development and the need of pavement, it is not only focused on heavy duty pavement, but also a very flexible pavement for the convenience of road users according to its function. For example the use of pavement on the jogging track, bike crossing, playground and so on. Due to the need of an alternatives type of pavement, the innovation of a comfortable but durable pavement is required . An alternative innovation that can be used for this type of pavement is the utilization of waste tires (crumb rubber) as a substitute material in pavement construction. The purpose of this innovation is expected to be one of alternative in overcoming problems in improving quality of pavement and utilize waste of ex-tire powder which amounts very much in Indonesia.

The method of making the pavement mixture is carried out by substituting 100% fine aggregate in the mixture using *crumb rubber*. The type of mixture used in this study is Hot Rolled Asphalt (HRA). The mixed test includes testing of marshall, permeability, and cantabro test characteristics.

The result of analysis with characteristic test of *marshall*, permeability, and cantabro test showed that in HRA mixture of fine aggregate using crumb rubber has density, stability, and *marshall* quotient, which tends to decrease, but the flow value for both tends to rise. In addition, based on *marshall* test, the test specimen with the replacement aggregate can be re-formed after testing. This indicates that the mixture using crumb rubber material is more elastic than the usual mixture. It also allows mixed use of crumb rubber material to be more resistant to deformation and cracking.

Keywords : *Crumb rubber, HRA, Marshall, Permeabilitas, Cantabro*

# PRAKATA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penulis menyusun tugas akhir dengan judul ***“Studi Penggunaan Crumb Rubber sebagai Pengganti Agregat Halus untuk Hot Rolled Asphalt dengan Bahan Pengikat Aspal Modifikasi Polimer SBS E-55”***, yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggantian serbuk ban bekas sebagai agregat halus terhadap karakteristik Marshall, permeabilitas, dan cantabro loss. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak penulis sulit mewujudkan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tuaku yang selalu mendukung dan mendoakanku.
2. Keluargaku juga yang selalu mendukung dan mendoakanku.
3. Ir. Ary Setiawan. MSc, PhD, selaku dosen pembimbing I.
4. Ir. Agus Sumarsono M.T, selaku dosen pembimbing II.
5. Ir. Budi Utomo, MT, selaku Dosen Pembimbing Akademis.
6. Segenap pimpinan Fakultas Teknik UNS
7. Segenap Pimpinan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNS
8. Teman teman kelompok skripsiku Rubberized Asphalt, terima kasih telah menjadi kelompok yang solid.
9. Teman teman kos Galang, Paksi, Najib, dll terima kasih untuk persahabatannya.
10. Semua teman-teman sipil 2013 terima kasih untuk persahabatannya selama ini.

11. Semua pihak yang membantu dalam penulisan skripsi ini yang tidak mungkin disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan skripsi ini dan semoga skripsi ini dapat berguna bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
هتاكربو الله امة محروم كيا عمل اسناو

Surakarta, 31 Agustus 2017

Penulis



# DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRAK .....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii

## BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4

## BAB 2 LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.2. Dasar Teori.....	11
2.2.1. <i>Hot Rolled Asphalt</i> .....	11
2.2.2. Spesifikasi Campuran .....	11
2.2.3. Kadar Aspal Rencana (Pb).....	13
2.2.4. Material Penyusun HRA.....	14
2.2.4.1. Agregat .....	14

2.2.4.2 Aspal.....	16
2.2.4.3 <i>Filler</i> .....	18
2.2.5. <i>Crumb Rubber</i> .....	19
2.2.6. Aspal Polimer SBS E-55 .....	20
2.2.6.1 Aspal Modifikasi Polimer .....	20
2.3. Pengujian Campuran.....	21
2.3.1. Pengujian Marshall.....	21
2.3.2. Pengujian Permeabilitas .....	26
2.3.3. Pengujian Cantabro .....	28
2.4. Analisis Data Hasil Penelitian .....	29
2.4.1. Analisis Regresi.....	29
2.4.2. Analisis Korelasi .....	30

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Umum.....	32
3.2. Teknik Pengumpulan Data .....	32
3.3.1. Data Primer .....	32
3.3.2. Data Sekunder.....	33
3.3. Tahapan Penelitian.....	34
3.4. Mencari Referensi Terkait.....	35
3.5. Alat dan Bahan.....	35
3.5.1. Alat .....	35
3.5.2. Bahan .....	39
3.6. Pemeriksaan Bahan.....	41
3.6.1. Pemeriksaan Agregat .....	41
3.6.2. Pemeriksaan Aspal .....	41
3.7. Pembuatan Benda Uji .....	41
3.7.1. Perencanaan Rancang Campur ( <i>Job Mix Design</i> ) .....	42
3.7.2. Pembuatan Benda Uji KAO .....	45
3.8. Pengujian Benda Uji.....	46
3.8.1. Pengujian <i>Marshall</i> .....	46
3.8.2. Pengujian Permeabilitas.....	47
3.8.3. Pengujian Cantabro.....	49

## **BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1. Data Pemeriksaan Bahan Penelitian.....	50
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Aspal .....	50
4.1.2. Hasil Pemeriksaan Agregat.....	51
4.1.3. Hasil Pemeriksaan <i>Filler</i> .....	53
4.2. Pembuatan Benda Uji .....	53
4.2.1. Gradasi Benda Uji .....	53
4.2.2. Kadar Aspal Rencana (Pb).....	54
4.2.3. Hasil Perencanaan Benda Uji Crumb Rubber .....	55
4.2.4. Hasil Perencanaan Benda Uji Tanpa Crumb Rubber .....	61
4.3. Hasil Pengujian Marshall.....	64
4.3.1. Hasil Pengujian Benda Uji Crumb Rubber.....	64
4.3.2. Hasil Pengujian Benda Uji Tanpa Crumb Rubber.....	71
4.4. Perhitungan Nilai Kadar Aspal Optimum .....	77
4.5. Karakteristik Campuran saat Kadar Aspal Optimum .....	79
4.6. Hasil Pengujian Permeabilitas .....	79
4.7. Hasil Pengujian Keausan .....	82
4.8. Pembahasan Hasil Penelitian .....	84
4.8.1 Perbandingan Densitas .....	84
4.8.2 Perbandingan Porositas .....	85
4.8.3 Perbandingan Nilai <i>Flow</i> .....	87
4.8.4 Perbandingan Nilai Stabilitas .....	89
4.8.5 Perbandingan <i>Marshall Quotient</i> .....	90
4.8.6 Pembahasan Hasil Permeabilitas .....	92
4.8.7 Pembahasan Hasil Keausan .....	93
4.9. Rekapitulasi Hasil Penelitian .....	94

## **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan.....	95
5.2. Saran.....	96

DAFTAR PUSTAKA.....

LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Rangkuman Hasil Penelitian <i>Crumb Rubber</i> Terdahulu.....	9
Tabel 2.2. Komposisi dari campuran perkerasan permukaan tipe C.....	12
Tabel 2.3. Batasan gradasi agregat untuk campuran HRA tipe C .....	13
Tabel 2.4. Ketentuan Agregat Kasar.....	16
Tabel 2.5. Ketentuan agregat Halus.....	16
Tabel 2.6. Kriteria Pemeriksaan Bahan Pengisi (Filler).....	18
Tabel 2.7. Klasifikasi Permeabilitas Campuran Aspal.....	28
Tabel 3.1. Tabel rencana pembuatan benda uji.....	43
Tabel 3.2. Jumlah Benda Uji pada kadar aspal optimum.....	46
Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan Aspal modifikasi polimer SBS E-55.....	50
Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan <i>Coarse Aggregate</i> (CA).....	51
Tabel 4.3. Hasil Pemeriksaan <i>Fine Aggregate</i> (FA).....	51
Tabel 4.4. Spesifikasi Pemeriksaan <i>Crumb Rubber</i> (serbuk ban bekas).....	52
Tabel 4.5. Gradasi HRA tipe C .....	53
Tabel 4.6. Perhitungan agregat dengan tebal rerata sampel = 6 cm.....	56
Tabel 4.7. Perhitungan agregat dengan tebal rerata sampel = 6,5 cm.....	57
Tabel 4.8. Perhitungan agregat dengan tebal rerata sampel = 6,1 cm.....	59
Tabel 4.9. Rekapitulasi hasil perhitungan agregat dengan <i>crumb rubber</i> sebagai pengganti <i>fine aggregate</i> .....	60
Tabel 4.10. Rekapitulasi hasil perhitungan agregat tanpa <i>crumb rubber</i> sebagai pengganti <i>fine aggregate</i> .....	63
Tabel 4.11. Hasil uji <i>volumetric</i> dan <i>marshall</i> pada HRA dengan <i>crumb rubber</i> sebagai pengganti <i>fine aggregate</i> .....	66
Tabel 4.12. Rekapitulasi perhitungan Marshall untuk HRA dengan <i>crumb rubber</i> sebagai pengganti <i>fine aggregate</i> .....	67
Tabel 4.13. Hasil uji <i>volumetric</i> dan <i>marshall</i> pada HRA tanpa <i>crumb rubber</i> sebagai pengganti <i>fine aggregate</i> .....	73
Tabel 4.14. Rekapitulasi perhitungan Marshall untuk HRA tanpa <i>crumb rubber</i> sebagai pengganti <i>fine aggregate</i> .....	74

Tabel 4.15.	Rekapitulasi Nilai Karakteristik <i>Marshall</i> untuk Benda Uji dengan Kadar Aspal Optimum.....	79
Tabel 4.16.	Hasil pengujian permeabilitas campuran HRA dengan substitusi crumb rubber pada fine aggregate.....	81
Tabel 4.17.	Hasil pengujian permeabilitas campuran HRA tanpa substitusi crumb rubber pada fine aggregate.....	82
Tabel 4.18.	Hasil pengujian keausan campuran HRA dengan substitusi crumb rubber pada fine aggregate.....	83
Tabel 4.19.	Hasil pengujian keausan campuran HRA tanpa substitusi crumb rubber pada fine aggregate.....	83
Tabel 4.20.	Rekapitulasi Hasil Penelitian.....	94

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Batas Gradasi Campuran HRA tipe C.....	13
Gambar 3.1. Tahapan Penelitian .....	34
Gambar 3.2. Alat Uji Marshall.....	38
Gambar 3.3. Alat Uji Permeabilitas AF-16.....	39
Gambar 3.4. Alat Cantabro .....	39
Gambar 3.5. Crumb Rubber .....	40
Gambar 4.1. PT. Pancadarma Puspawira .....	52
Gambar 4.2. Agregat Kasar.....	52
Gambar 4.3. Serbuk Ban bekas .....	53
Gambar 4.4. Benda Uji dengan Crumb Rubber .....	59
Gambar 4.5. Benda Uji Biasa.....	62
Gambar 4.6. Hubungan Kadar Aspal dengan Densitas Benda Uji menggunakan <i>Crumb Rubber</i> sebagai Pengganti Agregat Halus.....	68
Gambar 4.7. Hubungan Kadar Aspal dengan Porositas Benda Uji menggunakan <i>Crumb Rubber</i> sebagai Pengganti Agregat Halus.....	68
Gambar 4.8. Hubungan Kadar Aspal dengan Flow Benda Uji menggunakan <i>Crumb Rubber</i> sebagai Pengganti Agregat Halus.....	69
Gambar 4.9. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas Benda Uji menggunakan <i>Crumb Rubber</i> sebagai Pengganti Agregat Halus.....	69
Gambar 4.10. Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Marshall Quotient</i> Benda Uji menggunakan <i>Crumb Rubber</i> sebagai Pengganti Agregat Halus.....	70
Gambar 4.11. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Densitas HRA <b>tanpa</b> <i>Crumb Rubber</i> .....	75
Gambar 4.12. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Porositas HRA <b>tanpa</b> <i>Crumb Rubber</i> .....	75
Gambar 4.13. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Flow HRA <b>tanpa</b> <i>Crumb Rubber</i> .....	76
Gambar 4.14. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas HRA <b>tanpa</b> <i>Crumb Rubber</i> .....	76

Gambar 4.15.	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Marshall Quotient</i> HRA <b>tanpa</b> Crumb Rubber.....	77
Gambar 4.16	Grafik Perbandingan Nilai Densitas.....	84
Gambar 4.17.	Grafik Perbandingan Nilai Porositas.....	86
Gambar 4.18.	Penampang samping benda uji crumb rubber yang sudah dibelah .....	86
Gambar 4.19.	Grafik Perbandingan Nilai <i>Flow</i> .....	87
Gambar 4.20.	Benda Uji HRA <i>Crumb Rubber</i> Sebelum dan Sesudah Uji Marshal.....	88
Gambar 4.21.	Grafik Perbandingan Nilai Stabilitas.....	89
Gambar 4.22.	Grafik Perbandingan Nilai <i>Marshall Quotient</i> .....	91
Gambar 4.23.	Grafik Perbandingan Nilai Permeabilitas.....	92
Gambar 4.24.	Grafik Perbandingan Nilai Keausan.....	93

## DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

HRA	= <i>Hot Rolled Asphalt</i>
CR	= <i>Crumb Rubber</i>
$W_w$	= Berat di dalam air
$W_{dry}$	= Berat di udara
$W_s$	= Berat SSD
cm	= centimeter
D	= Densitas
°C	= Derajat <i>Celcius</i>
d	= Diameter sampel
k	= Faktor kalibrasi alat
f	= <i>Flow</i>
gr	= gram
AC	= <i>Asphalt Concrete</i>
JMF	= <i>job mix formula</i>
kg	= kilogram
r	= Koefisien korelasi
H	= Koreksi tebal benda uji
ITS	= Kuat tarik tidak langsung
A	= Luas permukaan benda uji
MQ	= <i>Marshall Quotient</i>
mm	= Milimeter
q	= Pembacaan stabilitas alat
Wah	= Persen berat agregat halus
Wak	= Persen berat agregat kasar
Wb	= Persen berat aspal
Wf	= Persen berat <i>filler</i>
%	= Persentase
P	= Porositas
$\pi$	= phi ( 3,14 )
$SG_{mix}$	= <i>Spesific Grafity</i> campuran



SG = *Spesific Grafity* tiap komponen campuran  
S = Stabilitas  
BS = British Standard  
SNI = Standart Nasional Indonesia  
h = Tebal rata-rata benda uji  
L = Tebal sampel  
VIM = *Void In Mix*

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A Data Primer

Lampiran B Dokumentasi Penelitian

Lampiran C Kelengkapan Administrasi